

# ELECTRONICALLY CONTROLLED INTERNAL COMBUSTION ENGINE FUEL INJECTION SYSTEM

**Patent number:** DE2835155  
**Publication date:** 1979-02-22  
**Inventor:** MASAKI KENJI (JP); SUZUKI SUZUO (JP); NAGAISHI HASTUAO (JP)  
**Applicant:** NISSAN MOTOR  
**Classification:**  
- international: F01N3/22; F02D21/08; F02D41/18; G01F1/708;  
F02M25/07; F01N3/22; F02D21/00; F02D41/18;  
G01F1/704; F02M25/07; (IPC1-7): F02D5/00  
- european: F01N3/22; F02D21/08B; F02D41/18A; G01F1/708D  
**Application number:** DE19782835155 19780810  
**Priority number(s):** JP19770095801 19770810

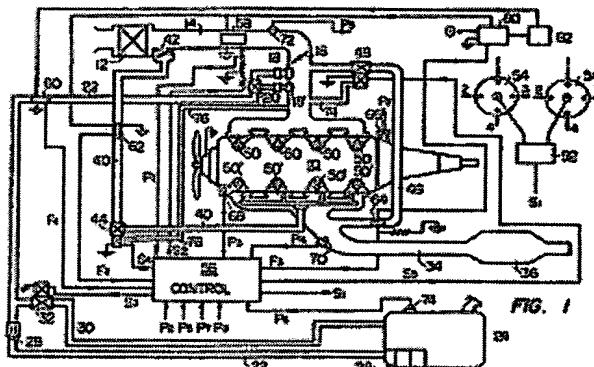
**Also published as:**  
JP54030319 (A)  
GB2002548 (A)

[Report a data error here](#)

Abstract not available for DE2835155

Abstract of correspondent: GB2002548

An electronically controlled internal combustion engine system comprises fuel injection nozzles (18, 18') opening into an induction passage (14), an air flow rate sensor (58) disposed in the induction passage, and a fuel flow rate sensor (60) disposed in a fuel passage (22) which is provided with a valve (32) to regulate fuel supply rate. Both flow rate sensors (58, 60) are of a type which produce corona discharges in the fluid flow and detect the movement of ions as an indication of the velocity of the fluid flow. An electronic control circuit (56) controls the fuel supply rate regulation valve (32) in accordance with the outputs of the two flow rate sensors (58, 60) such that the mixing ratio of fuel to air agrees with a target value. The system also has a sensor (62) of air flow to the exhaust gas reactor (36) which air flow is intermittent and passes through reed valve (42). Additionally the quantity of exhaust gas recirculated is sensed at (64) and controlled by servo-valve (48) (see Figure 7). Each cylinder is provided with two sparking plugs (50, 50') to ensure combustion at high levels of exhaust gas recirculation.



Data supplied from the [esp@cenet](mailto:esp@cenet) database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY

⑤

Int. Cl. 2:

F 02 D 5/00

⑯ BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES



PATENTAMT

DE 28 35 155 A 1

⑩

## Offenlegungsschrift

28 35 155

⑪

Aktenzeichen: P 28 35 155.5

⑫

Anmeldetag: 10. 8. 78

⑬

Offenlegungstag: 22. 2. 79

⑭

Unionspriorität:

⑮ ⑯ ⑰

10. 8. 77 Japan P 52-95801

⑯

Bezeichnung:

Elektronisch gesteuerte Brennkraftmaschine

⑰

Anmelder:

Nissan Motor Co., Ltd., Yokohama, Kanagawa (Japan)

⑱

Vertreter:

Grünecker, A., Dipl.-Ing.; Kinkeldey, H., Dr.-Ing.;  
Stockmair, W., Dr.-Ing. Ae.E.; Schumann, K., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.;  
Jakob, P., Dipl.-Ing.; Bezold, G., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Pat.-Anwälte,  
8000 München

⑲

Erfinder:

Masaki, Kenji, Yokohama; Suzuki, Suzuo; Nagaishi, Hastuao;  
Yokosuka (Japan)

Recherchenantrag gem. § 28a PatG ist gestellt

DE 28 35 155 A 1

PATENTANWALTE

2835155

A. GRÜNECKER

DPL-ING

H. KINKELDEY

DPL-ING

W. STOCKMAIR

DR-ING - AERONAUTICS

K. SCHUMANN

DR RER NAT - DPL- PHYS

P. H. JAKOB

DPL-ING

G. BEZOLD

DR RER NAT - DPL-CHEM

8 MÜNCHEN 22

MAXIMILIANSTRASSE 43

P 13 024

10. August 1978

Nissan Motor Company, Limited  
No. 2, Takara-cho, Kanagawa-ku,  
Yokohama City, Japan

Elektronisch gesteuerte Brennkraftmaschine

P A T E N T A N S P R Ü C H E

① Elektronisch gesteuerte Brennkraftmaschine mit einer Einrichtung, die einen Ansaugkanal (14) begrenzt, der mit einem Drosselventil (16) versehen ist, das mit einem Fahrpedal verbunden ist, durch eine Einrichtung, die einen Abgaskanal (34) begrenzt, durch wenigstens eine Kraftstoffeinspritzdüse (18, 18'), die in den Ansaugkanal an einem Abschnitt stromabwärts vom Drosselventil mündet, durch eine Einrichtung, die einen Kraftstoffkanal (22) begrenzt, der die wenigstens eine Kraftstoffeinspritzdüse mit einem

- 2 -

909808/0987

Kraftstoffbehälter (24) verbindet, durch eine elektrisch betätigtes Ventileinrichtung (32), die dem Kraftstoffkanal (22) zugeordnet ist, um die Kraftstoffversorgung der wenigstens einen Kraftstoffeinspritzdüse zu regulieren, durch einen ersten Durchsatzsensor (58), der im Ansaugkanal (14) angeordnet ist, um den tatsächlichen Luftdurchsatz zu ermitteln, durch einen zweiten Durchsatzsensor (60), der im Kraftstoffkanal (22) angeordnet ist, um den tatsächlichen Kraftstoffdurchsatz zu der wenigstens einen Kraftstoffeinspritzdüse zu ermitteln, wobei der erste und der zweite Durchsatzsensor von einem Typ sind, der eine Koronaentladung in einem Fluidstrom erzeugt und die Bewegung der dadurch gebildeten Ionen im Fluid als Anzeige der Geschwindigkeit der Fluidströmung erfasst, durch eine Hochspannungsquelle (80), die mit dem ersten und dem zweiten Durchsatzsensor (58, 60) verbunden ist, und durch eine elektronische Steuereinrichtung (56) zum Steuern der Ventileinrichtung auf der Grundlage der Ausgangssignale des ersten und des zweiten Durchsatzsensors, so dass das Verhältnis des tatsächlichen Kraftstoffdurchsatzes, der durch den zweiten Durchsatzsensor (60) ermittelt wird, zu dem tatsächlichen Luftdurchsatz, der durch den ersten Durchsatzsensor (58) ermittelt wird, mit einem Sollwert übereinstimmt.

2. Brennkraftmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens eine Kraftstoffeinspritzdüse eine Kombination aus wenigstens zwei Einspritzdüsen (18, 18') ist, die alle mit dem Kraftstoffkanal (22) verbunden sind, wobei eine Wählventileinrichtung (20) vorgesehen ist, um selektiv die Kraftstoffversorgung zu einem Teil der wenigstens zwei Einspritzdüsen nach Massgabe eines Steuersignals zu unterbrechen, das von der Steuereinrichtung

(56) auf der Grundlage des Ausgangssignals des ersten Durchsatzsensors (58) geliefert wird.

3. Brennkraftmaschine nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch eine Dosiermündung (28) im Kraftstoffkanal (22) und durch eine Einrichtung, die einen Kraftstoffrückführungskanal (30) begrenzt, der vom Kraftstoffkanal (22) an einem Abschnitt stromabwärts von der Mündung abzweigt und am Kraftstoffbehälter (24) endet, wobei die Ventileinrichtung (32) ein elektrisch betätigtes Strömungssteuerventil ist, das in dem Kraftstoffrückführungskanal vorgesehen ist.

4. Brennkraftmaschine nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Durchsatzsensor (58) zwei Elektroden (58a, 58b), die im Ansaugkanal (14) angeordnet sind, und von denen eine mit der Hochspannungsquelle (80) verbunden ist, und eine Ionensammelelektrode (58c) aufweist, die im Ansaugkanal im Abstand stromabwärts von den Koronaentladeelektroden angeordnet ist, um einen Teil der in der Luft durch die Koronaentladung erzeugten Ionen zu sammeln, wobei die Menge der durch die Ionensammelelektrode (58c) gesammelten Ionen mit zunehmenden Luftdurchsatz ansteigt.

5. Brennkraftmaschine nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Durchsatzsensor (58) zwei Koronaentladeelektroden, die im Ansaugkanal angeordnet sind und von denen eine mit einem Hochspannungsimpulsgenerator verbunden ist, der mit der Hochspannungsquelle in Verbindung steht und eine Ionennachweiselektrode aufweist, die sich im Ansaugkanal in einem Abstand stromabwärts von den Koronaentladeelektroden befindet, um die Ankunft von wenigstens einem Teil der in der Luft durch Koronaentladung gebildeten

Ionen wahrzunehmen, so dass das Ausgangssignal des ersten Durchsatzsensors die Zeitdauer wiedergibt, die die Ionen brauchen, um über eine Strecke zu laufen, die an der Ionennachweiselektrode endet.

6. Brennkraftmaschine nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Durchsatzsensor (16) zwei Koronaentladeelektroden, die im Kraftstoffkanal angeordnet sind und von denen eine mit der Hochspannungsquelle verbunden ist, und eine Ionensammelektrode aufweist, die sich im Kraftstoffkanal in einem Abstand stromabwärts von den Koronaentladeelektroden befindet, um einen Teil der Ionen zu sammeln, die im Kraftstoff durch die Koronaentladung gebildet werden, so dass die Menge an durch die Ionensammelektrode gesammelten Ionen mit zunehmendem Kraftstoffdurchsatz ansteigt.
7. Brennkraftmaschine nach Anspruch 2 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Durchsatzsensor (60) zwei Koronaentladeelektroden (60a, 60b), die sich im Kraftstoffkanal (22) befinden und von denen eine mit einem Hochspannungsimpulsgenerator (82) verbunden ist, der mit der Hochspannungsquelle (80) in Verbindung steht, und eine Ionennachweiselektrode (60c) aufweist, die sich im Kraftstoffkanal in einem Abstand stromabwärts von den Koronaentladeelektroden befindet, um die Ankunft wenigstens eines Teils der Ionen festzustellen, die im Kraftstoff durch die Koronaentladung erzeugt werden, so dass das Ausgangssignal des zweiten Durchsatzsensors die Zeitspanne angibt, die die Ionen benötigen, um über eine Strecke zu laufen, die an der Ionennachweiselektrode endet.

8. Brennkraftmaschine nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet durch eine Einrichtung, die einen Abgasmulaufkanal (46) begrenzt, der den Abgaskanal (22) mit dem Ansaugkanal (14) verbindet, um einen Teil des Abgases der Maschine zum Ansaugkanal rückzuführen, durch ein elektrisch betätigtes Strömungssteuerventil (48), das dem Umlaufkanal zugeordnet ist und durch einen dritten Durchsatzsensor (64), der sich im Umlaufkanal (46) befindet, um den tatsächlichen Durchsatz des durch den Umlaufkanal rückgeführten Abgases zu ermitteln, und der von einem Typ ist, der eine Koronaentladung im Fluidstrom bewirkt und die Bewegung der im Fluid durch die Koronaentladung gebildeten Ionen als Anzeige der Geschwindigkeit der Fluidströmung wahrnimmt, wobei die Hochspannungsquelle (80) auch mit dem dritten Durchsatzsensor verbunden ist, die Steuereinrichtung (56) das Strömungssteuerventil auf der Grundlage der Ausgangssignale des ersten und dritten Durchsatzsensors (58, 64) steuert, so dass das Verhältnis des tatsächlichen Durchsatzes des rückgeführten Abgases, der durch den dritten Durchsatzsensor ermittelt wird, zum tatsächlichen Durchsatz der Luft, der durch den ersten Durchsatzsensor ermittelt wird, mit einem Sollwert übereinstimmt.
9. Brennkraftmaschine nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der dritte Durchsatzsensor (64) eine erste Elektrode (64a), die sich im Umlaufkanal (46) befindet und mit der Hochspannungsquelle (80) verbunden ist, und eine zweite Elektrode (64b) aufweist, die an Masse liegt und sich im Durchsatzkanal der ersten Elektrode in einer Richtung im wesentlichen senkrecht zur Achse des Umlaufkanals gegenüber befindet, so dass die zweite Elektrode als Ionsammellektrode dient, die einen Teil der Ionen sammelt,

die im Abgas durch die Koronaentladung gebildet werden, wobei dieser Teil der Ionen mit zunehmendem Durchsatz des rückgeführten Abgases abnimmt.

10. Brennkraftmaschine nach Anspruch 9, gekennzeichnet, dass das Strömungssteuerventil (48) eine Ventilkammer (48d), die im Umlaufkanal (46) ausgebildet ist, eine Membran (48a), die so angeordnet ist, dass sie als Trennwand zwischen der Ventilkammer und einer äusseren Unterdruckkammer (48c) dient, ein Ventilelement (48b), das von der Membran gehalten wird und in der Ventilkammer angeordnet ist, um die wirksame Querschnittsfläche des Umlaufkanals zu ändern, eine Leitung (74), die die Unterdruckkammer mit dem Ansaugkanal (14) an einem Abschnitt stromabwärts vom Drosselventil (16) verbindet, eine Mündung (48f), durch die Luft in die Unterdruckkammer von der Aussenluft her ein treten kann, und ein Magnetventil (48g) aufweist, um die Mündung (48f) intermittierend zu öffnen und zu schliessen, wobei die Steuereinrichtung (56) die Funktion des Magnetventiles steuert.
11. Brennkraftmaschine nach Anspruch 8, gekennzeichnet durch eine Reaktionskammer (36), die einen Teil des Abgaskanals (34) einnimmt, um die Schadstoffanteile aus dem Abgas zu entfernen, durch eine Einrichtung, die einen Sekundärluftkanal (40) begrenzt, der dazu vorgesehen ist, Aussenluft direkt in den Abgaskanal an einem Abschnitt stromaufwärts von der Reaktionskammer einzuführen, durch ein Zungenventil (42), das so angeordnet ist, dass es intermittierend die Verbindung des Sekundärluftkanals mit der Aussenluft auf das Pulsieren des Abgasdruckes im Abgaskanal ansprechend öffnet und blockiert, durch ein weiteres elektrisch betätigtes Strömungssteuerventil (44), das dem

Sekundärluftkanal an einem Abschnitt stromabwärts vom Zungenventil zugeordnet ist, und durch einen vierten Durchsatzsensor (62), der sich im Sekundärluftkanal an einem Abschnitt stromabwärts vom Zungenventil befindet, um den tatsächlichen Durchsatz der Sekundärluft zu ermitteln, und der von einem Typ ist, der eine Koronaentladung in einer Fluidströmung erzeugt, um die Bewegung der Ionen, die durch die Koronaentladung im Fluid gebildet werden, als Anzeige der Geschwindigkeit der Fluidströmung wahrzunehmen, wobei die Hochspannungsquelle auch am vierten Durchsatzsensor liegt und die Steuereinrichtung (56) das weitere Strömungssteuerventil (44) auf der Grundlage des Ausgangssignals des vierten Durchsatzsensors (62) derart steuert, dass der tatsächliche Durchsatz der Sekundärluft, der durch den vierten Durchsatzsensor ermittelt wird, mit einem Sollwert übereinstimmt.

12. Brennkraftmaschine nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der vierte Durchsatzsensor (62) zwei Koronaentladeelektroden (62a, 62b), die sich im Sekundärluftkanal (40) befinden und von denen eine mit der Hochspannungsquelle (80) verbunden ist, und eine Ionensammelelektrode (62c) aufweist, die sich im Sekundärluftkanal im Abstand stromabwärts von den Koronaentladeelektroden befindet, um einen Teil der Ionen zu sammeln, die in der Sekundärluft durch die Koronaentladung gebildet werden, wobei die Menge der durch die Ionensammelelektrode gesammelten Ionen mit zunehmendem Durchsatz der Sekundärluft ansteigt.
13. Brennkraftmaschine nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der vierte Durchsatzsensor (62) zwei Koronaentladeelektroden, von denen eine mit einem Hochspannungsimpulsgenerator verbunden ist, der mit der

Hochspannungsquelle in Verbindung steht, und eine Ionennachweiselektrode aufweist, die sich im Sekundärluftkanal im Abstand stromabwärts von den Koronaentladeelektroden befindet, um die Ankunft wenigstens eines Teils der Ionen festzustellen, die in der Sekundärluft durch die Koronaentladung gebildet werden, so dass das Ausgangssignal des vierten Durchsatzsensors das Zeitintervall zwischen dem Anlegen einer Hochspannung an die Koronaentladeelektrode und der Ankunft wenigstens eines Teils der Ionen an der Ionennachweiselektrode angibt.

14. Brennkraftmaschine nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass das weitere Strömungssteuerventil (44) eine Ventilkammer (44d), die im Sekundärluftkanal (40) ausgebildet ist, eine Membran (44a), die so angeordnet ist, dass sie als Trennwand zwischen der Ventilkammer und einer äusseren Unterdruckkammer (44c) dient, ein Ventilelement (44b), das von der Membran gehalten wird und sich in der Ventilkammer befindet, um die wirksame Querschnittsfläche des Sekundärluftkanals zu verändern, eine Leitung (76), die die Unterdruckkammer mit dem Ansaugkanal (14) an einem Abschnitt stromabwärts vom Drosselventil verbunden, eine Mündung (44f), durch die Luft in die Unterdruckkammer von der Aussenluft her eingeführt wird, und ein Magnetventil (44g) aufweist, um intermittierend die Mündung zu öffnen und zu schliessen, wobei die Steuereinrichtung (56) die Arbeitsweise des Magnetventiles steuert.

PATENTANWÄLTE

2835155

-9-

A. GRÜNECKER

DPL-ING

H. KINKELDEY

DPL-ING

W. STOCKMAIR

DPL-ING - AMICALTECH

K. SCHUMANN

DR. RER. NAT. - DPL-PHYS

P. H. JAKOB

DPL-ING

G. BEZOLD

DR. RER. NAT. - DPL-CHEM

8 MÜNCHEN 22

MAXIMILIANSTRASSE 43

P 13 024

10. August 1978

Nissan Motor Company, Limited  
No. 2, Takara-cho, Kanagawa-ku,  
Yokohama City, Japan

Elektronisch gesteuerte Brennkraftmaschine

Die Erfindung betrifft eine elektronisch gesteuerte Brennkraftmaschine mit einer Zusatzeinrichtung zum genauen Steuern der Kraftstoffeinspritzung oder des Kraftstoff-Luftgemisch-Verhältnisses, wobei sowohl der Luftdurchsatz im Ansaugkanal als auch der Kraftstoffdurchsatz im Kraftstoffversorgungskanal mit Durchsatzsensoren bestimmt werden, die als Anzeige für die Strömungsgeschwindigkeit die Bewegung von Ionen, die von einer Koronaentladung gebildet werden, in einem Fluidstrom wahrnehmen.

Was Brennkraftmaschinen, insbesondere für Kraftfahrzeuge, anbetrifft, so ist eine genaue Regelung des Kraftstoff-Luftgemisch-

- 2 -

909808/0987

2835155

- 2 -  
10

Verhältnisses auf einen Sollwert das allgemein anerkannte Mittel den Schadstoffanteil im Abgas herabzusetzen und einen günstigeren spezifischen Kraftstoffverbrauch zu erreichen. Es sind bereits verschiedene Verfahren vorgeschlagen worden, um das Kraftstoff-Luft-Verhältnis genau zu steuern, keines dieser Verfahren, vorausgesetzt dass es durchführbar ist, arbeitet jedoch in jeder Hinsicht zufriedenstellend.

Bei einer Kraftstoffversorgung mit einem Vergaser, bei dem die Kraftstoffversorgung von der Geschwindigkeit der Luft abhängt, die durch einen Venturi-Rohrteil geht, ist es schwierig, eine konstante Genauigkeit in der Steuerung des Kraftstoff-Luft-Verhältnisses über den gesamten Bereich der Maschinendrehzahl beizubehalten. Die Steuerung des Kraftstoff-Luft-Verhältnisses kann mit einer grösseren Genauigkeit durch die Verwendung einer elektronisch gesteuerten Kraftstoffeinspritzanlage anstatt eines Vergasers erreicht werden, selbst in diesem Fall treten jedoch beträchtlich Abweichungen des Kraftstoff-Luft-Verhältnisses vom Sollwert bei bestimmten Arbeitsverhältnissen der Maschine auf, da die Einspritzung des Kraftstoffes ohne eine Messung der tatsächlichen Kraftstoffversorgung der Maschine erfolgt.

Um eine noch genauere Steuerung des Kraftstoff-Luft-Verhältnisses zu erreichen, ist bereits von einer automatischen Selbstregelung unter Verwendung eines Sauerstoffsensors Gebrauch gemacht worden, der den Sauerstoffgehalt des Abgases als Anzeige für das Kraftstoff-Luft-Verhältnis eines verbrennbares Gemisches, das der Maschine tatsächlich geliefert wird, ermittelt. Eine Steuerung dieser Art bringt jedoch die Schwierigkeit mit sich, dass die Steuerung auf Schwankungen im Kraftstoff-Luft-Verhältnis nicht schnell genug anspricht, um ein gutes Fahrverhalten während des Betriebs der Maschine im Übergangsbereich

sicherzustellen, da die Signalrückführung vom Abgassystem mit einer beträchtlichen Zeitverzögerung gegenüber dem Auftreten einer Schwankung des Kraftstoff-Luft-Verhältnisses im Ansaugsystem erfolgt.

Ziel der Erfindung ist eine elektronisch gesteuerte Brennkraftmaschine, bei der das Kraftstoff-Luftgemisch-Verhältnis mit gröserer Genauigkeit und einem höheren Ansprechvermögen gesteuert wird, als es bei herkömmlichen Steuerungen für das Kraftstoff-Luft-Verhältnis der Fall ist.

Ein weiteres Ziel der Erfindung ist eine elektronisch gesteuerte Brennkraftmaschine mit einer Kraftstoffeinspritzanlage, bei der sowohl die Luftversorgung als auch die Kraftstoffversorgung genau und schnell gemessen werden, so dass die Kraftstoffeinspritzung so gesteuert werden kann, dass genau das gewünschte Kraftstoff-Luft-Verhältnis realisiert wird.

Durch die Erfindung soll weiterhin eine elektronisch gesteuerte Brennkraftmaschine geliefert werden, die zusätzlich zu der oben erwähnten Kraftstoffeinspritzanlage ein Abgasumlaufsystem und ein Sekundärluft-Einführungssystem aufweist, um die Schadstoffanteile im Abgas herabzusetzen, wobei der Durchsatz des umlaufenden Abgases und der Durchsatz der Sekundärluft gleichfalls genau und schnell gemessen werden, damit der Umlauf des Abgases und das Einführen der Sekundärluft in das Abgas so gesteuert werden können, dass eine ausserordentlich wirksame Reinigung des Abgases erreicht wird, ohne die Leistungsfähigkeit der Maschine zu beeinträchtigen.

Dazu weist die erfindungsgemäße Brennkraftmaschine einen Ansaugkanal, der mit einem Drosselventil versehen ist, das mit

einem Fahrpedal verbunden ist, einem Abgaskanal, wenigstens eine Kraftstofffeinspritzdüse, die in den Ansaugkanal an einem Abschnitt mündet, der stromabwärts vom Drosselventil liegt, und einen Kraftstoffkanal auf, der die Kraftstofffeinspritzdüse mit einem Kraftstoffbehälter verbindet. Ein erster Durchsatzsensor befindet sich im Ansaugkanal, um den Luftdurchsatz zu messen. Ein elektrisch betätigtes Ventil ist dem Kraftstoffkanal zugeordnet, um die Kraftstoffversorgung für die Einspritzdüse zu regulieren, und ein zweiter Durchsatzsensor befindet sich im Kraftstoffkanal, um den wirklich erreichten Kraftstoffdurchsatz zu messen. Beide Durchsatzsensoren sind von einem Typ, der eine Koronaentladung in einem Fluidstrom bewirkt und die Bewegung der Ionen, die durch die Koronaentladung erzeugt werden, als Anzeige für die Geschwindigkeit des Fluidstromes wahrnimmt. Die Brennkraftmaschine weist weiterhin eine Hochspannungsquelle, die mit den beiden Durchsatzsensoren verbunden ist, und eine elektronische Steuersetzung auf, die das Regelventil für die Kraftstoffversorgung auf der Grundlage der Ausgangssignale der beiden Durchsatzsensoren derart steuert, dass das Verhältnis des Kraftstoffdurchsatzes, der durch den zweiten Sensor wahrgenommen wird, zum Luftdurchsatz, der durch den ersten Sensor wahrgenommen wird, mit einem Sollwert übereinstimmt.

Die erfindungsgemäße Brennkraftmaschine kann darüber hinaus eine Reaktionskammer, die einen Teil des Abgaskanals einnimmt, um das Kohlenmonoxid und die Kohlenwasserstoffe zu oxidieren, die im Abgas enthalten sind, in einer Kombination mit einem Sekundärluftkanal, der mit dem Abgaskanal verbunden ist und mit einem elektrisch betätigten Strömungssteuerventil und einem dritten Durchsatzsensor versehen ist und/oder einen Abgasumlaufkanal aufweisen, der den Abgaskanal mit dem Ansaugkanal

an einem Abschnitt stromabwärts vom Drosselventil verbindet und mit einem elektrisch betätigten Strömungssteuerventil, um einen Teil des Abgases in den Ansaugkanal zurückzuführen, und einem vierten Durchsatzsensor versehen ist. In diesem Fall sind der dritte und der vierte Durchsatzsensor vom selben Typ wie der erste und der zweite Durchsatzsensor und stehen diese Sensoren mit der oben erwähnten Hochspannungsquelle in Verbindung. Die Strömungssteuerventile werden über die oben erwähnte Steuerschaltung primär auf der Basis der Ausgangssignale des dritten und vierten Sensors jeweils gesteuert.

Da die Kraftstoffeinspritzung bei der erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine auf der Basis der tatsächlichen Luftversorgung und der tatsächlichen Kraftstoffversorgung, die sich aus der Steuerung ergeben, gesteuert wird, kann das Kraftstoff-Luftgemisch-Verhältnis auf einen Sollwert mit grosser Genauigkeit und gutem Ansprechvermögen geregelt werden. Das hat zur Folge, dass sich ein besseres Leistungsverhalten der Maschine in verschiedener Hinsicht, beispielsweise bezüglich des spezifischen Kraftstoffverbrauches, des Fahrverhaltens und der Zusammensetzung des Abgases ergibt. Wenn die Maschine mit einem Sekundärluftversorgungssystem und/oder einem Abgasumlaufsystem versehen ist, kann eine ausserordentlich starke Herabsetzung der Schadstoffanteile im Abgas erreicht werden, ohne die Leistung der Maschine zu beeinträchtigen, da eine direkte Rückführung sowohl bei der Steuerung der Sekundärluftversorgung als auch des Abgasumlaufes erfolgt. Durchsatzsensoren des oben beschriebenen Koronaentladetyps haben eine hohe Genauigkeit, zeigen ein gutes Ansprechvermögen, sind klein und frei von sich mechanisch bewegenden Teilen. Dadurch dass zwei bis vier Durchsatzsensoren dieses Typs bei der erfindungsgemäßen Maschine vorgesehen sind, wird der Aufbau nicht beträchtlich.

kompliziert und nehmen die Kosten nicht merklich zu, da jeder Durchsatzsensor eine einfache Einrichtung ist und eine einzige Hochspannungsquelle für alle Durchsatzsensoren gemeinsam verwendet werden kann.

Ein besonders bevorzugter Gedanke der Erfindung besteht in einer elektronisch gesteuerten Brennkraftmaschine, die eine Kraftstoffeinspritzdüse aufweist, die in einen Ansaugkanal mündet. Ein Luftpurchsatzsensor befindet sich im Ansaugkanal und der Kraftstoffkanal zur Einspritzdüse ist mit einem Ventil zur Regulierung der Kraftstoffversorgung und mit einem Kraftstoff-Durchsatzsensor versehen. Beide Durchsatzsensoren sind von einem Typ, der eine Koronaentladung in einer Fluidströmung bewirkt und die Bewegung der dadurch gebildeten Ionen als Anzeige der Geschwindigkeit der Fluidströmung wahrnimmt. Eine elektronische Steuersetzung steuert das Regelventil für die Kraftstoffversorgung auf der Basis der Ausgangssignale der beiden Durchsatzsensoren derart, dass das Kraftstoff-Luft-Gemischverhältnis mit einem Sollwert übereinstimmt. Die Steuerung der Kraftstoffversorgung erfolgt dabei mit grösserer Genauigkeit und mit einem besseren Ansprechvermögen auf Abweichungen vom Sollwert.

Im folgenden wird anhand der zugehörigen Zeichnung ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Erfindung näher erläutert.

Fig. 1 zeigt schematisch das Ausführungsbeispiel der erfindungsgemässen elektronisch gesteuerten Brennkraftmaschine.

Fig. 2 zeigt den Aufbau eines Luftpurchsatzsensors, der bei der in Fig. 1 dargestellten Maschine verwandt wird.

Fig. 3 zeigt den Aufbau eines Kraftstoff-Durchsatzsensors, der bei der in Fig. 1 dargestellten Maschine verwandt wird.

Fig. 4 zeigt den Aufbau eines Durchsatzsensors für die in Fig. 1 dargestellte Maschine zum Messen der Menge an zugelassener Sekundärluft.

Fig. 5 zeigt den Aufbau eines Durchsatzsensors für die in Fig. 1 dargestellte Maschine zum Messen der Menge an umlaufendem Abgas.

Fig. 6 zeigt den Aufbau eines Steuerventils für die Sekundärluft, das bei der in Fig. 1 dargestellten Maschine verwandt wird.

Fig. 7 zeigt den Aufbau eines Steuerventils für den Abgasmulauf, das bei der in Fig. 1 dargestellten Maschine verwandt wird.

In Fig. 1 ist als Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine eine Vierzylinder-Brennkraftmaschine 10 für ein Kraftfahrzeug dargestellt. Ein Ansaugkanal 14 für diese Maschine 10 weist einen Luftfilter 12 und ein Drosselventil 16 auf, das in üblicher Weise mit einem nicht dargestellten Fahrpedal verbunden ist. Stromabwärts vom Drosselventil 16 befinden sich zwei Kraftstoff-Einspritzdüsen 18 und 18', die in den Ansaugkanal 14 münden, um Kraftstoff in den Luftstrom durch den Kanal 14 einzuleiten und dadurch ein passend proportioniertes Kraftstoff-Luft-Gemisch zu bilden. Die beiden Kraftstoff-Einspritzdüsen 18 und 18' stehen beide über einen gemeinsamen Kraftstoffkanal 22 und ein Wahlventil 20 mit einem Kraftstoffbehälter 24 in Verbindung. Der Kraftstoffbehälter 24 ist mit

einer Druckregelpumpe 26 versehen. Der Kraftstoffkanal 22 weist eine Dosiermündung 28 auf und ein Kraftstoffrückführungskanal 30 zweigt vom Kraftstoffkanal 22 an einem Abschnitt stromabwärts von der Mündung 28 ab. Der Kraftstoffrückführungs-kanal ist mit einem Steuerventil 32 versehen, das die Menge des durch den Kanal 30 rückgeführten Kraftstoffes verändern kann, so dass die Kraftstoffversorgung für die Einspritzdüsen 18 und 18' verändert werden kann, ohne dass der Abgabedruck der Pumpe 26 gesteuert werden müsste.

Bei dieser Maschine spritzt jede Kraftstoff-Einspritzdüse 18, 18' fortlaufend Kraftstoff ein, solange dieser zugeliefert wird und wird die Kraftstoffversorgung der Maschine 10 über das Steuerventil 32 und das Wahlventil 20 gesteuert. Der Grund dafür, dass zwei Einspritzdüsen 18, 18' vorgesehen sind, besteht darin, dass die Verwendung von nur einer Kraftstoff-Einspritzdüse dieses Typs eine nicht ausreichende Zerstäubung des Kraftstoffes bei einer geringen Kraftstoffversorgung mit sich bringt. Es besteht ein Unterschied in den Querschnittsflächen zwischen diesen beiden Einspritzdüsen 18 und 18' und das Wahlventil 20 dient dazu, selektiv eine dieser Einspritzdüsen 18, 18' in Abhängigkeit vom Luftdurchsatz im Ansaugkanal 14 arbeiten zu lassen. Der Unterschied in der Querschnittsfläche zwischen diesen Einspritzdüsen 18 und 18' ist beispielsweise derart gewählt, dass nur die Einspritzdüse 18 im Bereich mittlerer und hoher Drehzahlen verwandt wird, während die Einspritzdüse 18' nur im Bereich niedriger Drehzahlen arbeitet. Bei einer anderen Ausbildung können die beiden Einspritzdüsen 18, 18' gleichzeitig im Bereich mittlerer und hoher Drehzahlen verwandt werden, wobei jedoch nur eine Einspritzdüse im Bereich niedriger Drehzahlen arbeitet.

Ein Abgaskanal 34 für die Maschine 10 ist mit einer Reaktionskammer 36 zum Reinigen des Abgases, beispielsweise mit einer Reaktionskammer versehen, die einen Katalysator für die Oxidation von Kohlenmonoxid und Kohlenwasserstoffen im Abgas enthält. Um Luft in das Abgas einzuleiten, bevor es die Reaktionskammer 36 erreicht, zweigt eine Sekundärluftleitung 40 vom Ansaugkanal 14 in der Nähe des Luftfilters 12 ab, die den Abgaskanal 34 an einem Abschnitt stromaufwärts von der Reaktionskammer 36 trifft. An der Verbindungstelle mit dem Ansaugkanal 14 ist die Sekundärluftleitung 40 mit einem Zungenventil 42 versehen, das sich entsprechend dem Pulsieren des Abgasdruckes im Abgaskanal 34 intermittierend öffnet und schliesst. Ein Strömungssteuerventil 44 ist dem mittleren Bereich der Sekundärluftleitung 40 zugeordnet.

Ein Abgasumlaufkanal 46 in Form einer Leitung zweigt vom Abgaskanal 34 an einem Abschnitt stromaufwärts von der Reaktionskammer 36 ab und trifft den Ansaugkanal 14 an einem Abschnitt stromabwärts vom Drosselventil 16, um einen Teil des Abgases zu den Verbrennungskammern der Maschine 10 zurückzuführen und dadurch die Bildung von Stickstoffoxiden zu unterdrücken. Der Abgasumlaufkanal 40 ist mit einem Strömungssteuerventil 48 versehen, um gewöhnlich einen konstanten Abgasumlauf, d.h. ein konstantes Verhältnis der Menge an rückgeführtem Abgas zur Menge an der Maschine 10 zugeführter Luft beizubehalten.

Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel der Erfindung weist die Maschine 10 zwei identische und gleichzeitig arbeitende Zündkerzen 50 und 50' für jede Verbrennungskammer auf, was hauptsächlich dazu dient, eine stabile und relativ schnelle Verbrennung des Kraftstoff-Luft-Gemisches zu verwirklichen, das mit einer relativ grossen Menge an rückgeführtem Abgas versetzt ist. Die Zündanlage dieser Maschine weist daher zwei

Verteiler 54 und 54' jeweils für die Zündkerzen 50 und für die anderen Zündkerzen 50' auf. In der Zündanlage ist ein Hochspannungsgenerator 52 vorgesehen.

Die Brennkraftmaschine ist mit einer elektronischen Steuerschaltung 56 ausgerüstet, die die Funktion oder Arbeitsweise des Wahlventils 20 für die Kraftstoffeinspritzdüsen 18 und 18', des Steuerventils 32 für die Kraftstoffversorgung, des Steuerventils 44 für die Sekundärluft und des Steuerventils 48 für den Abgasumlauf steuert, wie es später im einzelnen beschrieben wird. Auch der Hochspannungsgenerator 52 steht unter der Steuerung der Steuerschaltung 56, um einen optimalen Zündzeitpunkt je nach den Arbeitsverhältnissen der Maschine 10 zu verwirklichen.

Ein Durchsatzsensor 58, der sich im Ansaugkanal 14 befindet, liefert als primäres Eingangssignal der Steuerschaltung 56 ein elektrisches Signal  $P_1$ , das den tatsächlichen Durchsatz der Luft, die der Maschine 10 zugeführt wird, angibt. Fig. 1 zeigt, dass der Durchsatzsensor 58 stromaufwärts vom Drosselventil 16 angeordnet ist, dieser Sensor 58 kann jedoch auch zwischen dem Drosselventil 16 und den Kraftstoffeinspritzdüsen 18, 18' vorgesehen sein.

Einige andere Parameter der Maschinenarbeitsverhältnisse werden durch geeignete Sensoren gemessen und als zusätzliche Eingabewerte für die Steuerschaltung 56 verwandt. Bei der in Fig. 1 dargestellten Maschine sind beispielsweise ein Sensor für den Winkel der Kurbelwelle oder ein Drehzahlsensor 66, der ein Signal  $P_2$  liefert, ein Temperatursensor 68, der die Maschinentermperatur als Temperatur des Kühlwassers ermittelt (Signal  $P_3$ ), ein Sensor 70 zum Messen der Abgastemperatur

(Signal  $P_4$ ), ein Sensor 72 zum Messen der Temperatur der in den Ansaugkanal 14 eingeführten Luft (Signal  $P_5$ ) und ein Sensor 14 vorgesehen, der das spezifische Gewicht des Kraftstoffs im Behälter 24 ermittelt (Signal  $P_6$ ). In Fig. 1 geben die Hilfseingangssignale  $P_7$  und  $P_8$  für die Steuersetzung 56 jeweils die Feuchtigkeit und den Luftdruck wieder.

Um der Steuersetzung 56 ein Rückführungssignal  $F_1$  zu liefern, das die tatsächliche Kraftstoffversorgung der Maschine 10 durch die Einspritzdüsen 18, 18' wiedergibt, ist ein Durchsatzsensor 60 im Kraftstoffkanal 22 an einem Abschnitt stromabwärts vom Anschluss des Kraftstoffrückführungskanals 30 angeordnet.

Sowohl der Luftpurchsatzsensor 58 als auch der Kraftstoffdurchsatzsensor 60 sind von einem Typ, der eine Koronaentladung in einem zu messenden Fluid auslöst, um eine Teilionisierung des Fluides zu bewirken, und der ein elektrisches Signal erzeugt, das die Strömungsgeschwindigkeit oder den Durchsatz des Fluids wiedergibt, indem er die Bewegung der durch die Koronaentladung gebildeten Ionen wahrnimmt. Die für die Koronaentladung benötigte Hochspannung wird für beide Durchsatzsensoren 58 und 60 vom Hochspannungsgenerator 80 geliefert. Es sind Abwandlungen im Aufbau dieses Typs eines Durchsatzsensors möglich und in bestimmten Fällen liegt der Hochspannungsgenerator 80 nicht direkt an diesem Sensor, sondern an einem Impulsgenerator 82, der dem Sensor einen Hochspannungsimpuls liefert.

Die in Fig. 1 dargestellte Maschine weist weiterhin einen Durchsatzsensor 62, der sich im Sekundärluftkanal 40 befindet und ein Rückführungssignal  $F_2$  liefert, das den tatsächlichen Luftdurchsatz durch diesen Kanal 40 angibt, und einen weiteren

Durchsatzsensor 64 auf, der sich im Abgasumlaufkanal 46 befindet, um ein Rückführungssignal  $F_3$  zu liefern, das den tatsächlichen Durchsatz des Abgases durch diesen Kanal 46 angibt. Diese beiden Durchsatzsensoren 62 und 64 sind auch von einem Typ, der den Durchsatz über eine Koronaentladung im zu messenden Fluid und durch die Ermittlung der Bewegung der dadurch im Fluid gebildeten Ionen misst. Der oben erwähnte Hochspannungsgenerator 80 dient als gemeinsame Energiequelle auch für die zusätzlichen Durchsatzsensoren 62 und 64, und wenn ein Impulsgenerator 82 erforderlich ist, wird dieser auch für diese Sensoren 62, 64 verwandt.

Der Aufbau der Durchsatzsensoren 58, 60, 62 und 64 und ihr Arbeitsprinzip werden im folgenden anhand der Fig. 2 bis 5 beschrieben.

Wie es in Fig. 2 dargestellt ist, weist der Luftdurchsatzsensor 58 eine auf einem hohen Potential liegende Elektrode 58a, die zugespitzt ist und in den Ansaugkanal 14 hereinragt, und eine an Masse liegende Elektrode 58b auf, die im Ansaugkanal 14 der ersten Elektrode 58a gegenüber und im Abstand davon in einer Richtung im wesentlichen senkrecht zur Luftströmung in diesem Kanal 14 angeordnet ist. Diese beiden Elektroden 58a und 58b bilden ein Elektrodenpaar zur Erzeugung einer Koronaentladung. Eine weitere Elektrode 58c befindet sich im Ansaugkanal 14 in einem Abstand stromabwärts von den Koronaentladeelektroden 58a, 58b, um einen Teil der durch die Koronaentladung in der Luft gebildeten Ionen zu sammeln und den Strom wahrzunehmen, der den Ionen zuzuschreiben ist.

Dieser Durchsatzsensor 58 arbeitet nach dem folgenden Prinzip.

Die Koronaentladung über den Elektroden 58a und 58b erfolgt durch das Anlegen einer hohen Spannung an die auf hohem Potential befindliche Elektrode 58a, wodurch eine Teilionisierung der

durch diesen Abschnitt, an dem sich diese Elektroden 58a und 58b befinden, hindurchgehenden Luft bewirkt wird. Ein Teil der im Luftstrom gebildeten Ionen wird durch die an Masse liegende Elektrode 58b gesammelt, der Rest wandert durch den Luftstrom stromabwärts. Die Elektrode 58c sammelt diesen Teil der Ionen, so dass ein Strom durch einen Schaltkreis fliesst, in dem diese Elektrode 58c liegt. Die Stärke dieses Stromes nimmt mit Zunahme der an der Elektrode 58c an kommenden Ionenmenge zu. Der Teil der Ionen, der durch die Elektrode 58b gesammelt wird, und der Ionen, die an der Elektrode 58c ankommen, hängt von der Strömungsgeschwindigkeit der Luft im Kanal 14 ab. Je grösser diese Geschwindigkeit wird, umso weniger Ionen werden durch die Elektrode 58b gesammelt. Die Stärke des oben erwähnten Stromes nimmt daher mit zunehmender Luftströmungsgeschwindigkeit, d.h. mit zunehmendem Luftdurchsatz zu. Daher wird ein Strom- oder Spannungssignal  $P_1$  von der Elektrode 58c abgeleitet, das den tatsächlichen Luftdurchsatz im Ansaugkanal 14 angibt. Das heisst mit anderen Worten, dass die Steuerschaltung 56 über eine elektrische Verarbeitung dieses Signals  $P_1$  den Luftdurchsatz ermittelt.

Der Kraftstoff-Durchsatzsensor 60 in Fig. 3 weist eine auf hohem Potential liegende Elektrode 60a und eine an Masse liegende Elektrode 60b auf. Diese Elektroden 60a und 60b sind im Kraftstoffkanal 22 in derselben Weise wie die Elektroden 58a, 58b des Luftdurchsatzsensors 58 angeordnet und bilden die Koronaentladeelektroden. Die auf hohem Potential befindliche Elektrode 60a dieses Sensors liegt jedoch nicht direkt am Hochspannungsgenerator 80, sondern ist mit dem Impulsgenerator 82 verbunden. Dieser Durchsatzsensor 60 weist eine Ionsammelelektrode 60c, die sich im Kraftstoffkanal 22 in einem

Abstand stromabwärts von den Koronaentladeelektroden 60a, 60b befindet, und eine weitere Ionensammelelektrode 60c' auf, die sich in einem kurzen Abstand stromabwärts von der Elektrode 60c befindet.

Eine kurzzeitige Koronaentladung tritt über den Elektroden 60a und 60b beim Anlegen eines Hochspannungsimpulses an die auf hohem Potential liegende Elektrode 60a auf. Ein Teil der durch die Koronaentladung gebildeten Ionen wird durch die an Masse liegende Elektrode 60b gesammelt, der restliche Teil der Ionen wandert jedoch durch den Kraftstoffstrom im Kanal 22 stromabwärts. Die stromabwärtswandernden Ionen kommen an den beiden Ionensammelektroden 60c und 60c' in einem Zeitabstand an, der durch den Abstand zwischen diesen beiden Elektroden 60c, 60c' und die Strömungsgeschwindigkeit des Kraftstoffes bestimmt ist. Jede dieser beiden Ionensammelektroden 60c und 60c' liefert ein impulsförmiges Signal bei der Ankunft der Ionen, so dass das Ausgangssignal  $F_1$  dieses Sensors 60 aus zwei impulsförmigen Signalen mit einem kurzen Zeitintervall dazwischen besteht. Da dieses Zeitintervall die Geschwindigkeit der Kraftstoffstömung wiedergibt, kann die Steuerschaltung 56 den Kraftstoffdurchsatz durch den Kanal 22 aus dem Ausgangssignal des Sensors 60, d.h. aus dem Rückführungs-signal  $F_1$  ermitteln.

Als Abwandlung des in Fig. 3 dargestellten Sensors 60 ist es möglich, eine der Ionensammelektroden 60c und 60c' wegzulassen. In diesem Fall werden sowohl das Anlegen des Hochspannungsimpulses an die Elektrode 60a als auch die Ankunft der Ionen an der einzigen Ionensammelektrode der Steuerschaltung 56 übermittelt, da die Strömungsgeschwindigkeit des Kraftstoffes durch das Zeitintervall zwischen dem Auftreten der

2835155

- 18 -  
23

Koronaentladung über den Elektroden 60a und 60b und der Ankunft der Ionen an der einzigen Ionensammelelektrode angegeben wird.

Der Durchsatzsensor 62 für den Sekundärluftkanal 40, der in Fig. 4 dargestellt ist, ist mit dem Luftdurchsatzsensor 58 von Fig. 2 sowohl im Aufbau als auch in der Funktionsweise identisch. Die Koronaentladeelektroden 62a, 62b dieses Durchsatzsensors 62 entsprechen den Elektroden 58a, 58b des Durchsatzsensors 58 und die Ionensammelelektrode 62c in Fig. 4 entspricht der Elektrode 58c in Fig. 2.

Der Durchsatzsensor 64 für den Abgasumlaufkanal 46 ist in Fig. 5 dargestellt. Dieser Sensor 64 weist gleichfalls Koronaentladeelektroden auf, die von einer auf hohem Potential liegenden Elektrode 64a und einer an Masse liegenden Elektrode 64b gebildet werden, weist jedoch keine zusätzliche Elektrode auf. Bei diesem Sensor 64 wird die an Masse liegende Elektrode 64b auch als Messelektrode verwandt. Wenn eine Koronaentladung zwischen den Elektroden 64a und 64b erfolgt, wird ein Teil der im Abgas durch die Koronaentladung gebildeten Ionen durch die an Masse liegende Elektrode 64 b gesammelt, wobei der Anteil der gesammelten Ionen an der Gesamtionenmenge von der Geschwindigkeit der Abgasströmung durch den Kanal 46 abhängt. Es werden beispielsweise umso mehr Ionen durch die an Masse liegende Elektrode 64 b gesammelt, je geringer die Geschwindigkeit der Abgasströmung ist. Dementsprechend gibt ein Strom- oder Spannungssignal  $F_3$  von dieser Elektrode 64b den Durchsatz des Abgases durch den Umlaufkanal 46 an.

Die dargestellten Anwendungen der oben beschriebenen drei verschiedenen Koronaentladesensoren für die Fluidkanäle 14, 22, 40 und 46, stellen lediglich Anwendungsbeispiele dar. Jeder

dieser Kanäle 14, 22, 40 und 46 kann mit irgendeinem der in den Fig. 2 oder 4, 3 und 5 dargestellten Sensoren versehen sein. Für die Luftkanäle 14 und 40 ist jedoch die Verwendung des in Fig. 2 dargestellten Sensors 58 oder des in Fig. 4 dargestellten Sensors 62 bevorzugt, da ein Strom mit einer relativ hohen Stromstärke von der Ionensammelelektrode 58c oder 62c abgeleitet wird.

Fig. 6 zeigt Einzelheiten des Strömungssteuerventils 44, das im Sekundärluftkanal 40 vorgesehen ist. Dieses Ventil 44 weist eine flexible Membran 44a auf, die ein Ventilelement 44b trägt, das dazu dient, die wirksame Querschnittsfläche des Sekundärluftkanals 40 zu regulieren, und die als Trennwand zwischen einer Ventilkammer 44d im Kanal 40 und einer Unterdruckkammer 44c ausserhalb des Kanals 40 dient. Ein Druckübertragungskanal 96 verbindet die Unterdruckkammer 44c mit dem Ansaugkanal 14 stromabwärts vom Drosselventil 16 und in der Unterdruckkammer 44c ist eine Feder 44e angebracht, die die Membran 44a auf die Ventilkammer 44d zu spannt. Die Unterdruckkammer 44c weist eine Mündung 44f zur Aussenluft auf und ein Magnetventil 44g ist so angeordnet, dass es selektiv diese Mündung 44f auf ein Steuersignal  $S_4$  ansprechend öffnet und schliesst, das von der Steuerschaltung 56 geliefert wird. Es versteht sich, dass die Stellung des Ventilelementes 44b dadurch gesteuert werden kann, dass der Lufteintritt in die Unterdruckkammer 44c durch die Mündung 44f gesteuert wird, um die Höhe des Unterdrucks zu regulieren, der auf die Membran 44a wirkt.

Wie es in Fig. 7 dargestellt ist, ist der Aufbau des Steuerventils 48 für den Abgasumlauf dem Aufbau des Steuerventils 44 für die Sekundärluft in Fig. 6 ähnlich. Eine Membran 48a, die ein Ventilelement 48b trägt, dient als Trennwand zwischen einer

Ventilkammer 48d im Abgasumlaufkanal 46 und einer Unterdruckkammer 48c. Ein Unterdruckübertragungskanal 74 verbindet die Unterdruckkammer 48c mit dem Ansaugkanal 14 an einem Abschnitt stromabwärts vom Drosselventil 16 und eine Feder 48e ist in der Unterdruckkammer 48c angebracht, um die Membran 48a auf die Ventilkammer 48d zu vorzuspannen. Die Unterdruckkammer 48c weist eine Mündung 48f zur Aussenluft auf und ein Magnetventil 48g ist so angeordnet, dass es selektiv diese Mündung 48f auf ein Steuersignal  $S_5$  ansprechend öffnet und schliesst, das von der Steuerschaltung 56 geliefert wird. Die Stellung des Ventilelementes 48b kann dadurch gesteuert werden, dass der Eintritt von Luft in die Unterdruckkammer 48c durch die Mündung 48f gesteuert wird.

Bei der in Fig. 1 dargestellten Maschine wird die Kraftstoffeinspritzung in den Ansaugkanal 14 proportional zum Luftdurchsatz gesteuert, der durch den Durchsatzsensor 58 ermittelt wird, so dass das resultierende Kraftstoff-Luft-Gemischverhältnis mit einem optimalen Wert übereinstimmt, der als Sollwert der Steuerung genommen wird. Ein derartiger Sollwert des Kraftstoff-Luft-Verhältnisses wird vor der Benutzung der Anlage in die Steuerschaltung 56 eingegeben. Vorzugsweise ist die Steuerschaltung 56 so aufgebaut, dass sie den Sollwert der Steuerung des Kraftstoff-Luft-Verhältnisses in Abhängigkeit von den Arbeitsverhältnissen der Maschine 10 verschiebt. Beispielsweise wird ein annähernd stöchiometrisches Kraftstoff-Luft-Verhältnis als Sollwert verwandt, wenn die Maschine 10 unter normalen oder stabilen Bedingungen arbeitet, der Sollwert der Steuerung wird jedoch auf ein kleineres Kraftstoff-Luft-Verhältnis, d.h. auf ein reicheres Gemisch sowohl im Leerlauf als auch bei einer Beschleunigung verschoben.

Während die Maschine 10 läuft, nimmt die in die Maschine 10

pro Zeiteinheit eingeführte Luftmenge, d.h. der Luftdurchsatz durch den Ansaugkanal 14 je nach dem Grad der Öffnung des Drosselventils 16 zu und ab. Durch das Anlegen einer Hochspannung von der Energiequelle 80 an die Elektrode 58a bewirkt der Durchsatzsensor 58 eine Koronaentladung im Luftstrom und erzeugt der Sensor 58 ein elektrisches Signal  $P_1$ , das den Luftdurchsatz durch den Ansaugkanal 14 wiedergibt, wie es im vorhergehenden beschrieben wurde. Der Kraftstoff wird von den Einspritzdüsen 18 und/oder 18' in den Ansaugkanal 14 aufgrund des Druckunterschiedes zwischen dem Ansaugunterdruck im Ansaugkanal 14 stromabwärts vom Drosselventil 16, und dem Abgabedruck der Regelpumpe 26 im Kraftstoffbehälter 24 eingespritzt. Wie es im vorhergehenden beschrieben wurde, erzeugt der Durchsatzsensor 60 ein elektrisches Signal  $F_1$ , das den Kraftstoffdurchsatz durch den Kraftstoffkanal 22 wiedergibt, wenn ein Hochspannungsimpuls an die Elektrode 60a gelegt wird.

Die Steuerschaltung 56 vergleicht das tatsächliche Kraftstoff-Luft-Verhältnis, das aus den Signalen  $P_1$  und  $F_1$  berechnet wird, mit dem Sollwert des Kraftstoff-Luft-Verhältnisses und liefert ein Steuersignal  $S_3$  dem Regelventil 32 für die Kraftstoffversorgung, so dass die Kraftstoffmenge, die durch den Kanal 30 rückgeführt wird, so geregelt wird, dass die Einspritzdüsen 18, 18' mit Kraftstoff in einer Menge versorgt werden, die geeignet ist, ein Kraftstoff-Luft-Verhältnis zu verwirklichen, das als Sollwert genommen wird. Wenn das Kraftstoff-Luft-Verhältnis, das aus den Signalen  $P_1$  und  $F_1$  berechnet wird, grösser als der Sollwert ist, gibt die Steuerschaltung 56 dem Ventil 32 den Befehl, den Kraftstoffdurchsatz durch den Rückführungskanal 30 herabzusetzen und umgekehrt. In Abhängigkeit von den Arbeitsverhältnissen der Maschine 10 liefert die Steuerschaltung 56 ein Steuersignal  $S_2$  dem Wahlventil 20, um dieses umzuschalten

und nur eine gewählte Kraftstoffeinspritzdüse 18, 18' oder beide Düsen aus dem im vorhergehenden beschriebenen Grund arbeiten zu lassen.

Da das Regelventil 32 für die Kraftstoffversorgung auf der Grundlage eines tatsächlichen Luftdurchsatzes im Ansaugkanal 40 und eines tatsächlichen Durchsatzes des Kraftstoffes zu den Einspritzdüsen 18, 18' gesteuert wird, kann das tatsächliche Kraftstoff-Luft-Verhältnis in Übereinstimmung mit dem Sollwert selbst dann gehalten werden, wenn grosse Änderungen in der Höhe des Ansaugunterdruckes auftreten, und kann im Falle einer Abweichung des tatsächlichen Kraftstoff-Luft-Verhältnisses vom Sollwert diese Abweichung sehr schnell behoben werden. Die Verwendung des Luftdurchsatzsensors 58 und des Kraftstoff-Durchsatzsensors 60 liefert eine merklich grössere Genauigkeit der Steuerung der Kraftstoffeinspritzung oder des Kraftstoff-Luft-Verhältnisses und gibt der Steuerung der Kraftstoffeinspritzung ein ausserordentlich gutes Ansprechvermögen. Das hat zur Folge, dass die Maschine 10 ein besseres Leistungsverhalten, insbesondere was das Fahrverhalten und den spezifischen Kraftstoffverbrauch in jedem Arbeitsbereich der Maschine anbetrifft, zeigt.

Das Arbeitsprinzip des Luftdurchsatzsensors 58 basiert auf der Annahme, dass die Intensität der Koronaentladung oder der Grad der Ionisierung der Luft konstant gehalten werden kann. In der Praxis wird jedoch die Intensität oder die Wirksamkeit der Koronaentladung durch die Luftfeuchtigkeit beeinflusst. Sie nimmt mit abnehmender Luftfeuchtigkeit ab, was dazu führt, dass der Luftdurchsatz, der durch das Signal  $P_1$  wieder gegeben wird, niedriger als der tatsächliche Luftdurchsatz ist, da die Menge der durch die Koronaentladung gebildeten Ionen abnimmt. Vorzugsweise ist daher die Steuerschaltung 56 in der Lage, das Steuersignal  $S_3$  so zu korrigieren, dass der

Kraftstoffdurchsatz zu den Einspritzdüsen 18, 18' entsprechend zunimmt, wenn die Feuchtigkeit abnimmt.

Die Beziehung zwischen dem Volumendurchsatz und dem Massendurchsatz der Luft durch den Ansaugkanal 14 hängt von der Temperatur der Luft und vom Lufterdruck ab. Der Massendurchsatz nimmt mit zunehmender Temperatur und abnehmendem Lufterdruck ab. Das Steuersignal  $S_3$  muss diesbezüglich jedoch nicht korrigiert werden, da die Ionen an der Elektrode 58c in einem zum Volumendurchsatz der Luft proportionalen Anteil der Luft gesammelt werden. Im Fall der Verwendung eines Durchsatzsensors mit Zeitintervall, wie er in Fig. 3 dargestellt ist, als Lufterdrucksensor im Ansaugkanal 14, werden gewisse Fehler bei der Messung des tatsächlichen Kraftstoff-Luft-Verhältnisses durch den Einfluss der Lufttemperatur und des Lufterdruckes auftreten, da der in Fig. 3 dargestellte Sensor nur die Fluidströmungsgeschwindigkeit erfasst. In diesem Fall ist die Steuerschaltung 56 vorzugsweise in der Lage, auf der Basis der Temperatur- und Drucksignale  $P_5$  und  $P_8$  das Signal  $S_3$  so zu korrigieren, dass die oben erwähnten Fehler beseitigt sind.

Um die Genauigkeit der Steuerung des Kraftstoff-Luft-Verhältnisses weiter zu erhöhen, kann die Steuerschaltung 56 so ausgebildet sein, dass sie in der Lage ist, das spezifische Gewicht des Kraftstoffes (Signal  $P_6$ ) gleichfalls in das Steuersignal  $S_3$  einzubringen, so dass der Kraftstoffdurchsatz zu den Einspritzdüsen 18, 18' abnimmt, wenn das spezifische Gewicht des Kraftstoffes grösser wird.

Vorzugsweise liegt der im Ansaugkanal 14 stromabwärts vom Drosselventil 16 erzeugte Ansaugunterdruck an der Regelpumpe 26, die den Kraftstoff vom Behälter 24 liefert, um den Abgabedruck der Pumpe 26 über den Ansaugunterdruck so zu steuern, dass der Kraftstoff von den Düsen 18, 18' unter einem konstanten Druck, d.h. einem konstanten Unterschied zwischen dem

Ansaugunterdruck und dem Abgabedruck eingespritzt und immer  
in unveränderter Weise zerstäubt wird.

Der Sollwert des Luftdurchsatzes durch den Sekundärluftkanal 40 wird gleichfalls in der Steuerschaltung 56 vor der Verwendung der Anlage eingestellt. Während die Maschine 10 arbeitet, tritt Luft in den Kanal 40 dadurch ein, dass sich das Zungenventil 42 entsprechend dem Pulsieren des Abgasdruckes intermittierend öffnet und schliesst. Der Luftdurchsatzsensor 62 erzeugt ein elektrisches Signal  $F_2$ , das den tatsächlichen Luftdurchsatz durch den Kanal 40, ähnlich wie der Sensor 58 im Ansaugkanal 14, wiedergibt, wenn eine Hochspannung an die Elektrode 62a gelegt wird. Die Steuerschaltung 56 vergleicht den Luftdurchsatz, der durch das Signal  $F_2$  wiedergegeben wird, mit dem Sollwert des Sekundärluftdurchsatzes und liefert ein Steuersignal  $S_4$  dem Steuerventil 44 für die Sekundärluft, um den tatsächlichen Durchsatz der Sekundärluft auf den Sollwert zu regeln. Wenn beispielsweise der Luftdurchsatz, der durch das Signal  $F_2$  wiedergegeben wird, grösser als der Sollwert ist, gibt die Steuerschaltung 56 dem Magnetventil 44g den Befehl, die wirksame oder mittlere Öffnung der Luftzutrittsmündung 44f der Unterdruckkammer 44c zu vergrössern. Vorzugsweise hat das Steuersignal  $S_4$  die Form einer Reihe von Impulsen, wobei das Magnetventil 44g die Mündung 44f auf den Empfang jedes Impulses öffnet oder schliesst. Dann kann eine zunehmende Luftmenge in die Unterdruckkammer 44c durch die Mündung 44f eintreten, wenn das Tastverhältnis der Impulse  $S_4$  vergrössert wird. Der Zutritt einer zunehmenden Luftmenge in die Unterdruckkammer 44c führt dazu, dass die Membran 44a zur Ventilkammer 44d durchgebogen wird, wodurch das Ventilelement 44b seine Stellung ändert, um die wirksame Querschnittsfläche des Sekundärluftkanals 40 zu verringern. Wenn der Luftdurchsatz, der durch den Sensor 62

ermittelt wird, unter dem Sollwert liegt, gibt die Steuerschaltung 56 dem Magnetventil 44g den Befehl, den Zutritt von Luft in die Unterdruckkammer 44c herabzusetzen.

Der Sollwert der Sekundärluftversorgung durch den Kanal 40 ist so gewählt, dass mit grösstem Wirkungsgrad eine Oxidation von Kohlenmonoxid und den nichtverbrannten Kohlenwasserstoffen in der Reaktionskammer 36 erreicht wird, die einen Oxidationskatalysator enthalten kann. Vorzugsweise ist die Steuerschaltung 56 so ausgebildet, dass sie den Sollwert der Steuerung der Sekundärluft in Abhängigkeit von den Arbeitsverhältnissen der Maschine 10 verschiebt.

Ein Teil des Abgases wird über den Kanal 46 zum Ansaugkanal 14 zurückgeführt, um die Bildung von Stickstoffoxiden in den Verbrennungskammern der Maschine 10 zu unterdrücken. Die Stärke der Abgasrückführung sollte so sein, dass sie genau mit dem gewünschten Wert, d.h. dem optimalen Wert, übereinstimmt, da nicht nur die Unterdrückung der Bildung von Stickstoffoxiden durch die Abgasrückführung, sondern auch ungünstige Einflüsse der Rückführung auf die Arbeitsweise der Maschine 10, beispielsweise das Fahrverhalten und die Stabilität der Verbrennung, stark von dem Ausmass der Abgasrückführung abhängen.

Ein Sollwert für das Mass der Abgasrückführung ist in der Steuerschaltung 56 vor der Benutzung der Maschine eingestellt.

Der Durchsatzsensor 64 im Umlaufkanal 46 erzeugt ein elektrisches Signal  $F_3$ , das den tatsächlichen Durchsatz des Abgases durch diesen Kanal 46 wiedergibt, wenn eine Hochspannung an die Elektrode 64a gelegt wird, wie es im vorhergehenden anhand von Fig. 5 beschrieben wurde. Die Steuerschaltung 56 vergleicht

das tatsächliche Ausmass der Abgasrückführung, das aus den Signalen  $P_1$  und  $F_3$  berechnet wird, wobei  $P_1$  den tatsächlichen Durchsatz der der Maschine 10 zugeführten Luft wieder gibt, mit dem Sollwert und liefert ein Steuersignal  $S_5$  dem Steuerventil 48 für die Abgasrückführung derart, dass das Abgas durch den Kanal 46 mit einem Durchsatz fliesst, der zur Verwirklichung eines Ausmasses an Abgasrückführung geeignet ist, das als Sollwert genommen wird.

Das Steuersignal  $S_5$  hat vorzugsweise die Form einer Reihe von Impulsen und das Strömungssteuerventil 48 spricht auf dieses Signal  $S_5$  in ähnlicher Weise an, wie das Steuerventil 44 für die Sekundärluft auf das Signal  $S_4$  anspricht. Stromabwärts vom Steuerventil 48 ist der Abgasumlaufkanal 46 mit dem Ansaugkanal 14 an einem Abschnitt stromabwärts vom Drosselventil 16 verbunden. Der Durchsatz des Abgases durch den Umlaufkanal 46 wird daher durch die Stärke des Ansaugunterdruckes beeinflusst. Das Ausmass der Abgasrückführung bei dem in Fig. 1 dargestellten System weicht aus diesem Grund jedoch nicht merklich vom Sollwert ab, da eine Änderung im Abgasdurchsatz durch den Kanal 46 schnell durch den Durchsatzsensor 64 wahrgenommen wird, worauf eine Regulierung der Stellung des Ventilelementes 48b folgt.

Da das Ausmass der Abgasrückführung der Anteil des rückgeführten Abgases an der der Maschine 10 zugeführten Luft ist, kann die Steuerung der Abgasrückführung bei dem in Fig. 1 dargestellten System mit einer grösseren Genauigkeit erfolgen, wenn die Luftfeuchtigkeit, die Lufttemperatur und der Luftdruck in das Steuersignal  $S_5$  in derselben Weise wie bei der Steuerung der Kraftstoffeinspritzung eingehen.

Das spezifische Gewicht des Abgases wird kleiner wenn die

Temperatur des Abgases zunimmt, so dass der Massendurchsatz des Abgases durch den Kanal 46 mit zunehmender Abgastemperatur selbst dann abnimmt, wenn das Steuerventil 48 in einem definierten Zustand gehalten wird. Bei der Verwendung eines Durchsatzsensors mit Zeitintervall, wie er in Fig. 3 dargestellt ist, als Sensor im Abgasumlaufkanal 46 sollten daher am Steuersignal  $S_5$  auf der Basis des Signals  $P_4$  für die Abgas-temperatur Korrekturen vorgenommen werden.

Die Steuerschaltung 56 verschiebt den Sollwert des Ausmasses der Abgasrückführung in Abhängigkeit von den Arbeitsverhältnissen der Maschine 10. Vorzugsweise wird das Steuerventil 48 für die Abgasrückführung vollständig geschlossen, wenn die Temperatur des Kühlwassers (Signal  $P_3$ ) unter einer vorbestimmten Temperatur von beispielsweise  $50^{\circ}\text{C}$  liegt, da es wünschenswert ist, die Abgasrückführung zur Förderung des Warmlaufens der Maschine oder zur Herabsetzung der Menge an Kohlenmonoxid und nichtverbrannten Kohlenwasserstoffen im Abgas zu unterbrechend, während die Temperatur der Maschine zu niedrig ist, um die Bildung grosser Mengen von Stickstoffoxiden zu ermöglichen.

-33-  
Leerseite

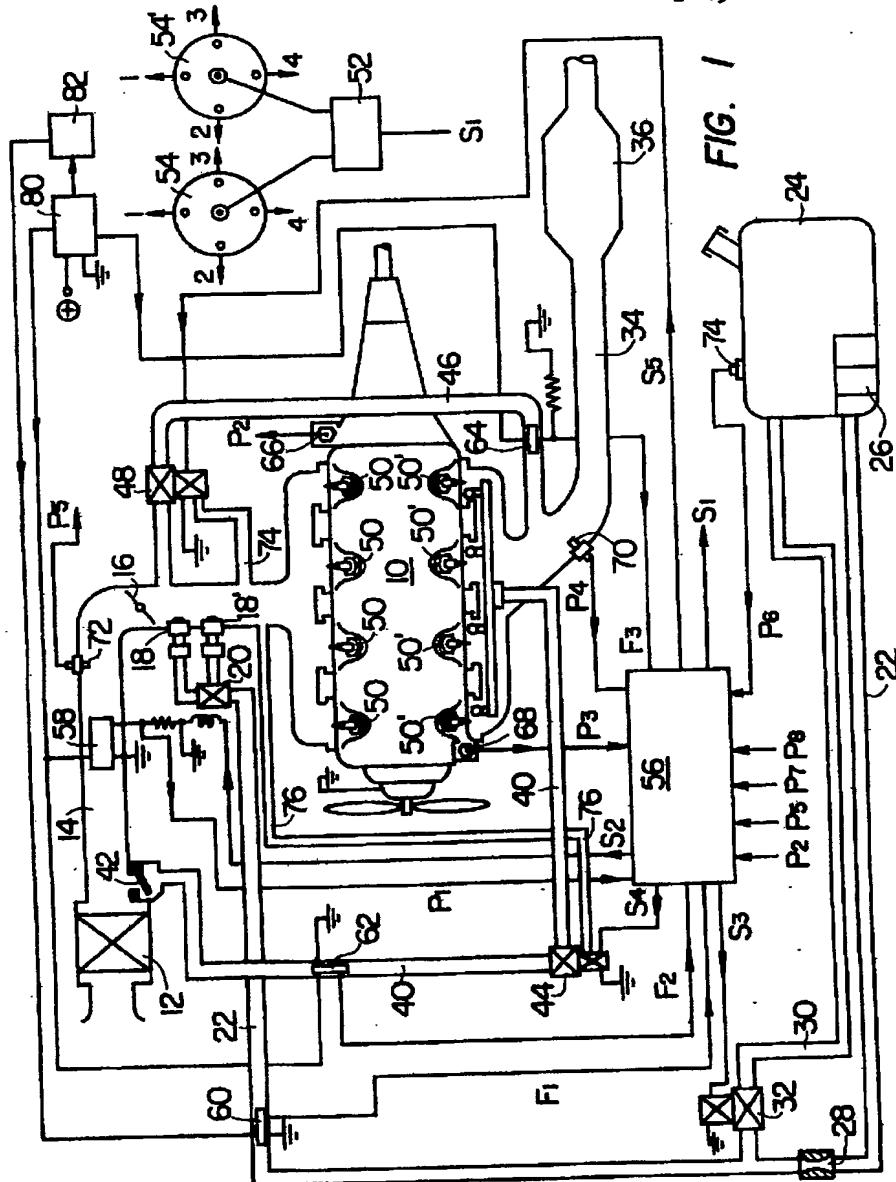
Nummer: 28 35 155  
Int. Cl. 2: F 02 D 5/00  
Anmeldetag: 10. August 1978  
Offenlegungstag: 22. Februar 1979

2835155

-35-

NACHGEZEICHNET

P 13 024



909808/0987

2835155

NACHGEREICHT

- 34 -

FIG. 2

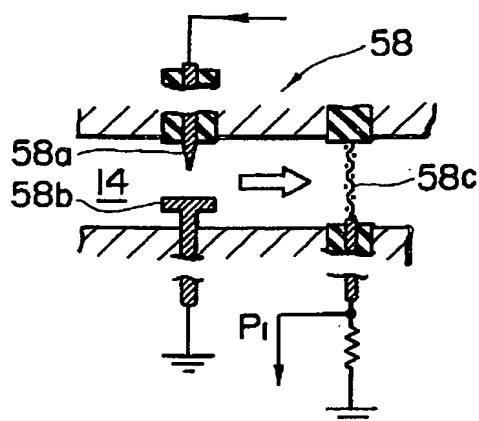


FIG. 4

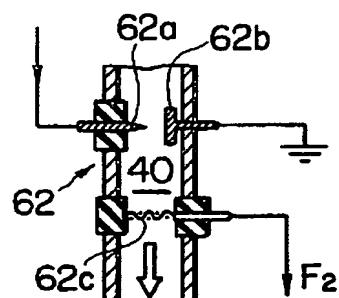


FIG. 3

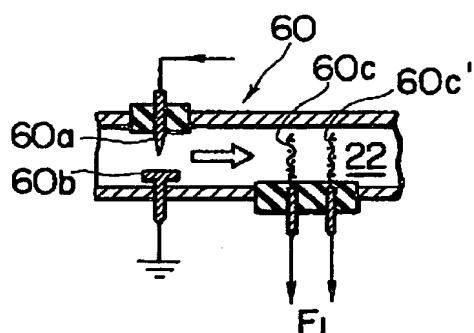


FIG. 5

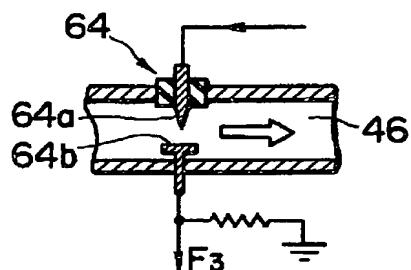


FIG. 6

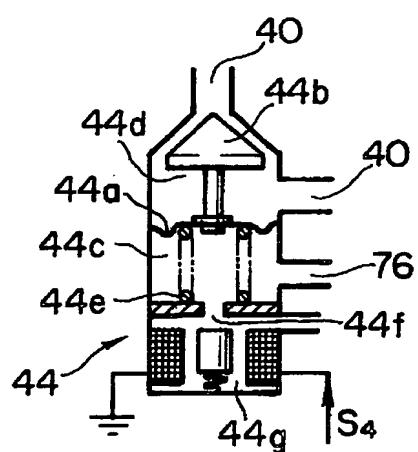
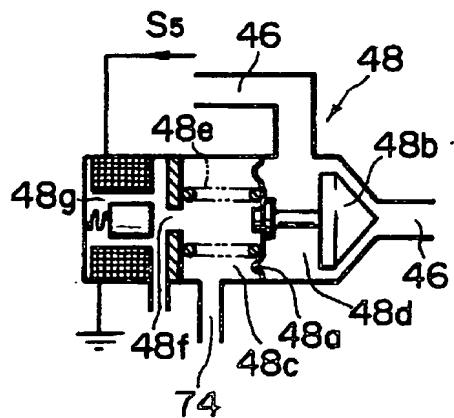


FIG. 7



909808/0987

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**